

BINARY OPTICS AND LASER BEAM MACHINING DEVICE

Patent number: JP10282450

Also published as:

Publication date: 1998-10-23

JP10282450 (A)

Inventor: YAMAGUCHI SATORU; OIKAWA MASASHI; MINAMIDA KATSUHIRO

Applicant: NIPPON STEEL CORP

Classification:

- international: G02B27/09; B23K26/06; H01S3/00

- european:

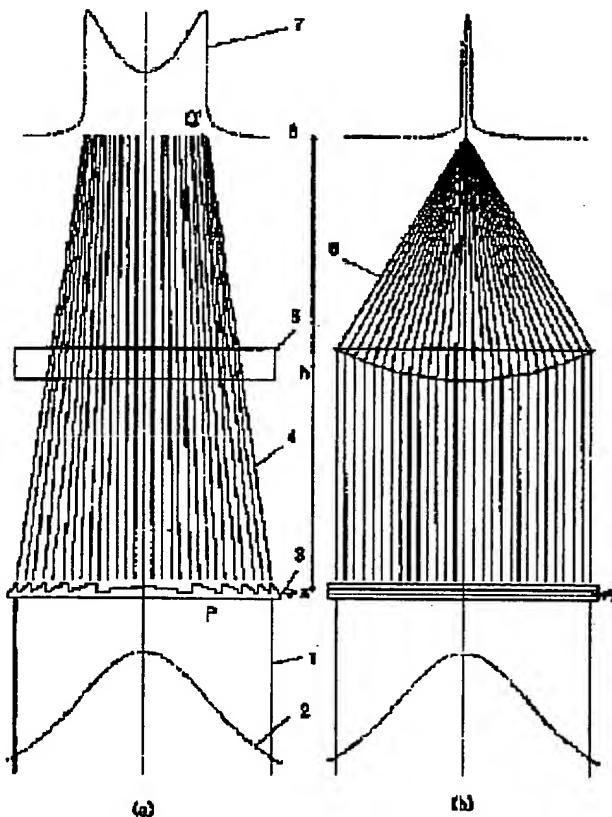
Application number: JP19970083969 19970402

Priority number(s):

Abstract of JP10282450

PROBLEM TO BE SOLVED: To make a laser machining process advantageous and to enable efficient machining by designating the arraying direction and the pitch of diffraction grating at each position on a binary optics corresponding to the shape and the intensity distribution of incident light the straight, belt-like of desired intensity distribution of an emitted light to convert.

SOLUTION: A laser beam forms a circular beam shape and is magnified by a beam magnifier before entering the binary optics 3 to enter to match its optical axis with the center of the optics. At the time of setting the length of a line segment PQ to be (d) and the wavelength of light to be λ , a distance to the position of obtaining desired intensity distribution from the optics 3 to be (h), the pitch (p) is expressed as $p = \lambda / \sqrt{(1+h^2/d^2)}$ at the diffraction grating of this optics 3.



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-282450

(43)公開日 平成10年(1998)10月23日

(51)Int.Cl.⁶

G 0 2 B 27/09
B 2 3 K 26/06
H 0 1 S 3/00

識別記号

F I

G 0 2 B 27/00
B 2 3 K 26/06
H 0 1 S 3/00

E
E
B

審査請求 未請求 請求項の数4 OL (全 7 頁)

(21)出願番号

特願平9-83969

(22)出願日

平成9年(1997)4月2日

(71)出願人 000006655

新日本製鐵株式会社

東京都千代田区大手町2丁目6番3号

(72)発明者 山口 哲

千葉県富津市新富20-1 新日本製鐵株式
会社技術開発本部内

(72)発明者 及川 昌志

千葉県富津市新富20-1 新日本製鐵株式
会社技術開発本部内

(72)発明者 南田 勝宏

千葉県富津市新富20-1 新日本製鐵株式
会社技術開発本部内

(74)代理人 弁理士 大島 陽一

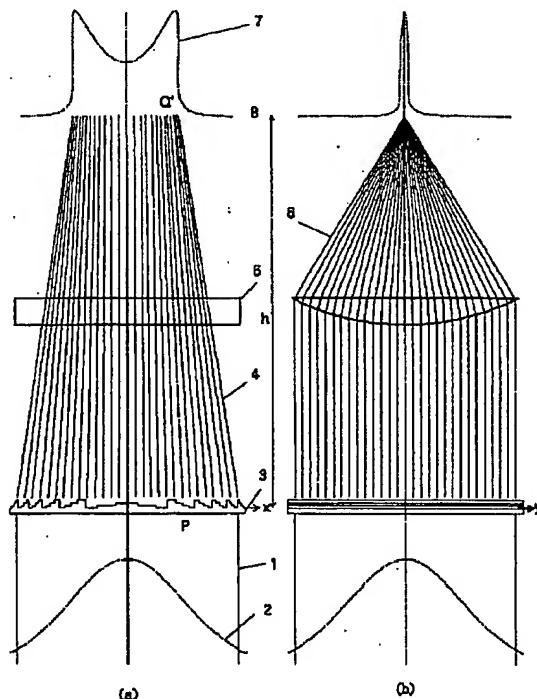
(54)【発明の名称】 バイナリーオプティクス及びそれを用いたレーザ加工装置

(57)【要約】

【課題】 レーザ光をバイナリーオプティクスにより直線状もしくは帯状に集束することにより有利なレーザ加工を可能にする。

【解決手段】 回折格子よりなるバイナリーオプティクスにおいて、バイナリーオプティクス内の各位置における回折格子の向きと、ピッチを、入射光の形状および強度分布と、変換したい出射光の直線もしくは帯形状および両端で高く中央で低いM字型の強度分布に対応させて設計する。

【効果】 ライン状にフォーカスされたレーザビームを容易に、かつエネルギーの損失なく変換することができるから、レーザ加工プロセスを有利にすると共に効率の高い加工が可能になる。更に、かかる構成のレーザ装置は、レーザ加工プロセスを有利にすると共に効率の高い加工が可能になる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 中心部で強度が高く点対称のビームを、一軸方向においてその強度分布が両端で高く中央で低いM字型をなす強度分布に変換するべく、前記ビームの光軸を中心として該光軸に直交する面に形成された回折格子からなるバイナリーオプティクスに於て、

当該バイナリーオプティクス上のある点Pの位置に於ける回折格子の配列方向は、前記点対称の強度分布と、変換したい出射光の強度分布とから当該バイナリーオプティクス上に求められる点Qと前記点Pとを結ぶ方向であり、

前記点Qは、当該バイナリーオプティクス上に光軸を原点とし変換したい強度分布の方向をx軸とする直角座標を定義し、前記点Pを通りy軸に平行な直線でビームの断面を二つの領域に分割し、各々の領域に於ける強度の積分値の比で所望の強度分布を内分する点のx座標を点Qのx座標とし、点Pのy座標を点Qのy座標とするよう決められており、

当該バイナリーオプティクスの前記回折格子にピッチpが、線分PQの長さをd、光の波長入、当該バイナリーオプティクスからの所望の強度分布を得る位置までの距離hとして、

$$[数1] p = \lambda \sqrt{(1 + h^2 / d^2)}$$

として表されることを特徴とするバイナリーオプティクス。

【請求項2】 請求項1に記載のバイナリーオプティクス及び所望の強度分布を得る位置の途中に位置し、所望の強度分布を得る位置からの距離を焦点距離とする、y軸方向を集束するシリンドリカルレンズを配置したことを特徴とする集光光学系。

【請求項3】 中心部で強度が高く点対称のビームを、一軸方向においてその強度分布が両端で高く中央で低いM字型をなし、さらにその方向と直交する軸方向においては均一な強度分布に変換するべく、前記ビームの光軸を中心として該光軸に直交する面に形成された回折格子からなるバイナリーオプティクスに於て、

当該バイナリーオプティクス上のある点Pの位置に於ける回折格子の配列方向は、前記点対称の強度分布と、変換したい出射光の強度分布とから当該バイナリーオプティクス上に求められる点Qと前記点Pとを結ぶ方向であり、

前記点Qは、当該バイナリーオプティクス上に光軸を原点とし変換したいM字型強度分布の方向をx軸、均一強度分布の方向をy軸とする直角座標を定義し、

前記点Pを通りy軸に平行な直線でビームの断面を二つの領域に分割し、各々の領域に於ける強度の積分値の比で所望のM字型強度分布を内分する点のx座標を点Qのx座標とし、前記点Pを通りx軸に平行な直線でビームの断面を二つの領域に分割し、各々の領域に於ける強度の積分値の比で所望の均一強度分布を内分する点のy座

10

20

30

40

50

標を点Qのy座標とするように決められており、当該バイナリーオプティクスの前記回折格子にピッチpが、線分PQの長さをd、光の波長入、当該バイナリーオプティクスからの所望の強度分布を得る位置までの距離hとして、

$$[数2] p = \lambda \sqrt{(1 + h^2 / d^2)}$$

として表されることを特徴とするバイナリーオプティクス。

【請求項4】 請求項1または請求項3に記載のバイナリーオプティクス若しくは請求項2に記載の集光光学系を集光光学系として備えたことを特徴とするレーザ加工装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、レーザ光の強度分布を両端で高く中央で低いM字型に変換して直線もしくは帯形状のビームに整形する光学素子及びそれを用いた集光光学系及びそれを用いてより望ましい加工を施すことを可能とするレーザ加工装置に関する。

【0002】

【従来の技術】バイナリーオプティクスはガラス基板の表面に刻まれた回折格子により集光する光学素子である

(G. J. Swanson et al., US Patent 4895790, (1990))。図6に示されているように、バイナリーオプティクスの断面の構造は光の波長オーダーの階段状になっており、進行する光の波面は階段の厚みの違いによりその進行方向が変えられる。即ち、光の透過長が隣の階段と異なるために、光の位相がずれ、光の干渉効果により回折して光路が曲げられる。階段の繰り返しピッチは光路長を一波長だけ違える幅として与えられる。YAGレーザー光を集光する目的のバイナリーオプティクスはその階段構造として幅が数μm、厚さが1μm程度のものである。通常のバイナリーオプティクスは図6のように同心円状のパターンとなっており、凸レンズのような単レンズの機能を有している。凸レンズ機能のバイナリーオプティクスは、入射した平行光線を一点につまり焦点に集めるように働く。このような機能をバイナリーオプティクスのピッチp(r)と中心からの距離rとの関係は、例えば、

【0003】

$$[数3] p(r) = \lambda \sqrt{(1 + f^2 / r^2)}$$

として表される。ここで、入はレーザ光の波長、fは焦点距離である。このようなバイナリーオプティクスにビーム形状が円形のレーザ光を入射すると、バイナリーオプティクスからの出射光はどの位置においてもビーム形状が円形であり、強度分布もやはりガウス型である。

【0004】レーザ発振器を用いてレーザ加工を行う場合、単にレーザ光を集束して照射することが一般的である。この場合、通常は集束されたビームスポット形状は円形であるが、加工する対象によってはビーム形状が円

3

形以外の所望の形状、例えば矩形であり、かつその強度分布が可及的に均一になっていることが望ましいことがある。その場合にはレーザ光をビーム拡大した後、矩形の形状をした開口を通して、レンズで集束して矩形のビームスポット形状を得ていた。

【0005】しかしながら、この方法では開口を通してビームの中央部分の強度の高い部分のみを取り出していくため、開口から外れた光線はロスとなり効率の面で問題があった。しかも開口の形状によっては強度が不均一になり易い。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、かかる状況に鑑みてなされたものであり、ビーム形状が円形で強度分布が山型のレーザ光からビーム形状が直線もしくは帯形状をなし、長手方向の強度分布が両端で高く中央で低いM字型をなすレーザビームを効率よく得ることが可能なバイナリーオプティクス、または集光光学系を提供すること及び上記バイナリーオプティクス、または集光光学系を用いて効果的なレーザ加工を可能とするレーザ加工装置を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するために、本発明では、回折格子よりなるバイナリーオプティクスに於て、当該バイナリーオプティクス上の各位置における回折格子の配列方向とピッチとが、入射光の形状及び強度分布と、変換したい出射光の直線もしくは帯形状及び所望の強度分布に対応させて設計したバイナリーオプティクス及びこれを用いた集光光学系並びにレーザ加工装置を提供する。

【0008】レーザ発振器から出射したレーザ光は細いので、例えば焦点距離の異なる2枚のレンズを組み合わせることにより構成されるビーム拡大器を通じて拡大され、平行光に変換された後、バイナリーオプティクスに到達して回折される。その回折格子のピッチを p とすると、平行光線が通過したときに、

【0009】

$$[\text{数4}] \cot^{-1} \sqrt{(p/\lambda)^2 - 1}$$

の回折角だけ、進行方向を回折格子の配列方向、即ち格子の延在方向と直交する方向に変えたビームに変換される。いま、レーザビームがガウス型の強度分布を持つとすると、バイナリーオプティクスを通過したとき、中央部で高く周辺部で低い強度分布からなるレーザビームは、バイナリーオプティクスに刻まれたパターンにより、各位置でそれぞれの方向に光の進行方向がえられ、バイナリーオプティクスから距離 h だけ離れた位置では、変換したい出射光の直線もしくは帯形状及び長手方向にM字型強度分布のレーザビームスポットが得られ

る。

【0010】

【発明の実施の形態】以下に、本発明の好適な実施形態について添付の図面を参照して詳しく説明する。

【0011】図1に本発明の第1の実施例に於けるバイナリーオプティクスによる光路変換の模式図を示す。バイナリーオプティクス3は半導体微細加工技術を利用し、石英基板（直径100mm）にマスクをかけ露光した後、エッティングして図1に示すような断面形状に作製される。

【0012】このようなバイナリーオプティクスに入射する光源としては平均出力500Wのレーザ加工用のNd:YAGレーザが用いられる。レーザ光はビーム形状が円形をなし、バイナリーオプティクス3に入射する前にビーム拡大器で拡大されその光軸がバイナリーオプティクス3の中心Oと一致するように入射する。その入射光強度分布 $I(r)$ は、 r を中心からの距離、 a を係数、 w をビーム半径として、次式に示すようなガウス型強度分布となっている。

【0013】

$$[\text{数5}] I(r) = a \exp(-r^2/w^2)$$

バイナリーオプティクス3上の点P（図1(a)、図4(a)）に入射した光線は、回折されて、バイナリーオプティクス3から距離 h だけ離れた位置（図1の照射位置8）に到達し、その位置に於ける光軸と垂直な面にて、バイナリーオプティクス3上の点Q（図4(a)）を光軸と平行に距離 h だけ並進した位置Q'（図1(a)）に到達したとする。その位置でパワー密度分布がx軸方向にM字型の強度分布を有するビームプロファイルを得るよう点Qを決めてやれば良い。光線が面8上の点Qに對応する位置に到達するためには、バイナリーオプティクス3の点Pに於ける回折格子の配列方向、即ち格子の延在方向を線分PQの方向に一致させ、さらに回折格子のピッチ p を、

【0014】

$$[\text{数6}] p = \lambda \sqrt{(1 + h^2/d^2)}$$

とすれば良い。ここで、 d は距離PQである。

【0015】また、照射位置で、x軸に関して強度分布が両端で高く中央で低いM字型であるビームプロファイルを得るための、点Pと点Qの関係は次のように決められる。即ち、図4(a)に於て、バイナリーオプティクス3上に光軸を原点とする直角座標を定義し、前記点P(x0, y0)を通りy軸に平行な直線でビーム断面を二つの領域に分割し、各々の領域に於ける強度の積分値m, nを、

【0016】

$$[\text{数7}]$$

$$m = a \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{x_0} \exp\left(-\frac{(x^2+y^2)}{w^2}\right) dx dy$$

【0017】

* * 【数8】

$$n = a \int_{-\infty}^{\infty} \int_{x_0}^{\infty} \exp\left(-\frac{(x^2+y^2)}{w^2}\right) dx dy$$

から求め、その比で x 軸方向に関して M 字型の強度分布を内分する点の x 座標 x_1 を点 Q の x 座標とし、点 P の y 座標を点 Q の y 座標とするように決められる。即ち、M 字型の強度分布関数を、

【0018】

【数9】 $I = f(x)$ とすると、 x_1 は

【0019】

【数10】

$$m = \int_{-\infty}^{x_1} f(x) dx$$

【0020】

【数11】

$$n = \int_{x_1}^{\infty} f(x) dx$$

を満足するように決められ、点 Q の座標は

【0021】

【数12】 (x_1, y_0)

で与えられる。

【0022】以下、 $d = x_1 - x_0$ として、 $p = \lambda \sqrt{(1 + h^2/d^2)}$ に従って、点 P に入射した光線が点 Q' に到達するよう、バイナリオプティクスの点 P に於ける回折格子の配列方向を線分 PQ の方向に一致さ

10※せ、回折格子のピッチ p を決めてやれば良い。

【0023】照射位置を通過する光の強度は x 軸と平行な方向に M 字型の強度分布となる。

【0024】バイナリオプティクスと照射位置との間に y 軸と平行な方向に曲率がついたシリンドリカルレンズ 5 を挿入すると、x 軸と平行にラインフォーカスされる。そして、ライン上は M 字型の強度分布となってい

る。

【0025】このように、バイナリオプティクスの回折格子のピッチを、入射光の強度分布とバイナリオプティクス上の位置に応じて定めてやることにより、シリンドリカルレンズと組み合わせた時、照射位置に於て所望の強度分布のビームプロファイルでラインフォーカスさせることができる。また、このようなレーザ光を用いて表面加工処理や溶接加工ができる。

【0026】図 2 に本発明の第 2 の実施例に於けるバイナリオプティクスによる光路変換の状態を模式的に示す。

【0027】バイナリオプティクス上の入射光の位置 P に対する前記の点 Q の座標は次のように決められる。

即ち、x 座標は前記で求めた x_1 に等しい。y 座標は、前記点 P (x_0, y_0) を通り x 軸に平行な直線でビーム断面を二つの領域に分割し、各々の領域に於ける強度の積分値 m' 、 n' を、

【0028】

【数13】

$$m' = a \int_{-\infty}^{y_0} \int_{-\infty}^{\infty} \exp\left(-\frac{(x^2+y^2)}{w^2}\right) dx dy$$

【0029】

★40★ 【数14】

$$n' = a \int_{y_0}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \exp\left(-\frac{(x^2+y^2)}{w^2}\right) dx dy$$

から求め、その比で y 軸方向に関して均一な強度分布を内分する点の y 座標 y_1 を点 Q の y 座標とするように決められる。

【0030】

【数15】

$$y_1 = y_0 \left(\frac{m'}{m' + n'} - \frac{1}{2} \right)$$

【0031】即ち、点 Q の座標は、

50 【0032】

【数16】 (x_1, y_1)

で与えられる。

【0033】以下、 $d_x = x_1 - x_0$ 、 $d_y = y_1 - y_0$ 、線*

* 分PQの長さをdとすると、

【0034】

【数17】

$$\rho = \lambda \sqrt{1 + \frac{h^2}{d_x^2 + d_y^2}} = \lambda \sqrt{1 + \frac{h^2}{d^2}}$$

【0035】従って、点Pに入射した光線が点Q'に到達するよう、バイナリーオプティクスの点Pに於ける回折格子の配列方向を線分PQの方向に一致させ、回折格子のピッチpを決めてやれば良い。

【0036】照射位置を通過する光は、その形状が帯状であり、その強度はx軸と平行な方向にM字型の強度分布、y軸と平行な方向に均一な強度分布となる。

【0037】このように、バイナリーオプティクスの回折格子のピッチを、入射光の強度分布とバイナリーオプティクス上の位置に応じて定めてやることにより、照射位置に於て所望の強度分布のビームプロフィールで帯状に照射することができる。また、このようなレーザ光を用いて表面加工処理ができる。

【0038】図3に、上記したバイナリーオプティクスを集光学系に組み込み、レーザ加工装置として使用する本発明の第3の実施例の模式図を示す。バイナリーオプティクス3にレーザビームを入射するためにビーム拡大器を使用している。尚、バイナリーオプティクスがy軸と平行な方向に均一な強度分布に変換する機能をも有する場合はシリンドリカルレンズ5は用いない。

【0039】

【発明の効果】上記した説明により明らかなように、本発明によれば、素子内の各位置に於ける回折格子の配列方向とピッチとが、入射光の形状及び強度分布と、変換したい出射光の形状及び強度分布とに対応させて設計されたバイナリーオプティクス及び強度分布とに対応させて設計されたバイナリーオプティクス及びこれを用いた光学系により、ライン状にフォーカスされたレーザビームを容易に、かつエネルギーの損失なく変換することができるところから、レーザ加工プロセスを有利にすると共に効率の高い加工が可能になる。更に、かかる構成のレーザ装置は、レーザ加工プロセスを有利にすると共に効

率の高い加工が可能になる。

10 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に基づく第1の実施例に於けるバイナリーオプティクス及びシリンドリカルレンズによる光路変換の状態を模式的に示す図であり、(a)は正面図、(b)は側面図。

【図2】本発明に基づく第2の実施例に於けるバイナリーオプティクスによる光路変換の状態を模式的に示す図であり、(a)は正面図、(b)は側面図。

【図3】レーザ加工光学系を模式的に示す図。

【図4】本発明に於ける座標の位置関係及び強度分布を模式的に示す図であり、(a)は平面図、(b)はビームプロフィール。

【図5】本発明に於ける座標の位置関係及び強度分布を模式的に示す図であり、(a)は平面図、(b)はビームプロフィール。

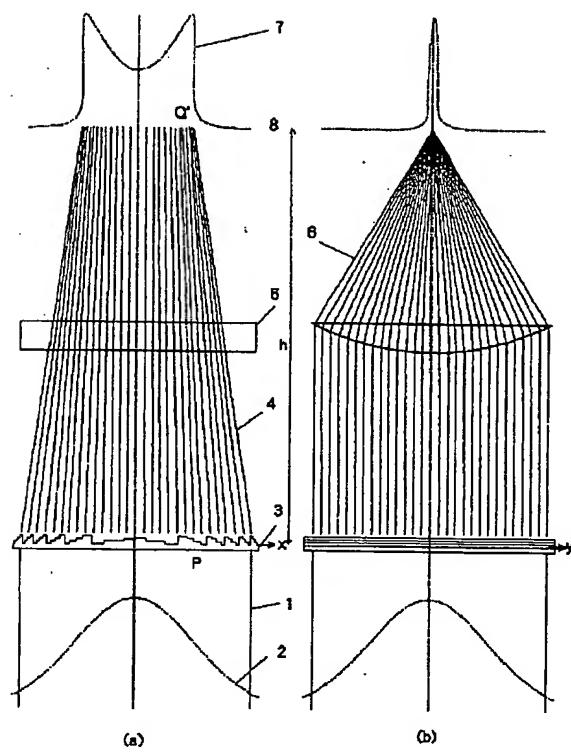
【図6】従来のバイナリーオプティクスを模式的に示す図であり、(a)は正面図、(b)は側面図。

【符号の説明】

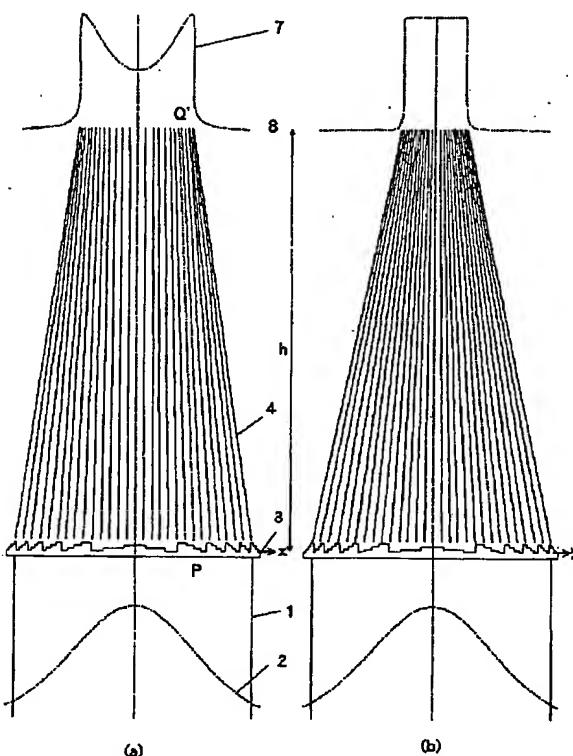
- 1 入射光
- 2 入射光強度分布
- 3 バイナリーオプティクス
- 4 バイナリーオプティクスからの出射光
- 5 シリンドリカルレンズ
- 6 シリンドリカルレンズからの出射光
- 7 強度分布
- 8 照射位置
- 9 レーザ
- 10 レーザ出射光
- 11 ビーム拡大器
- 12 試料

40

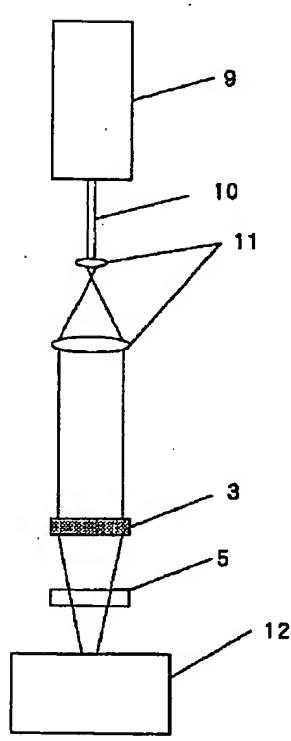
【図1】



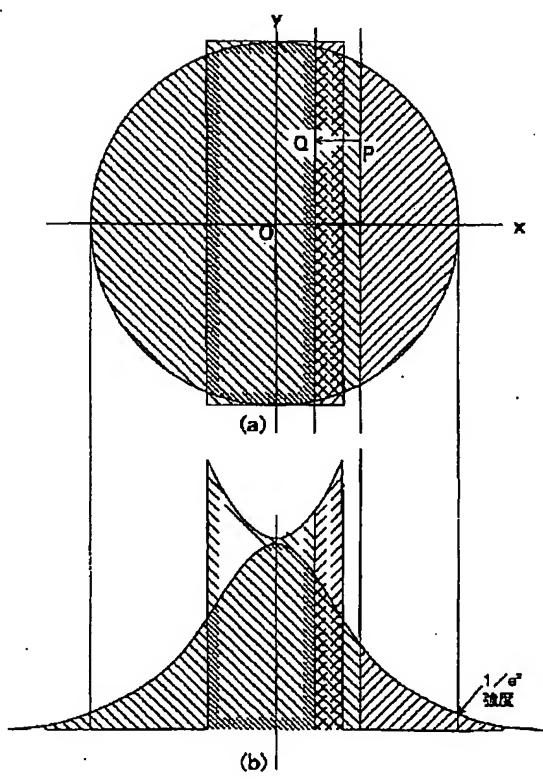
【図2】



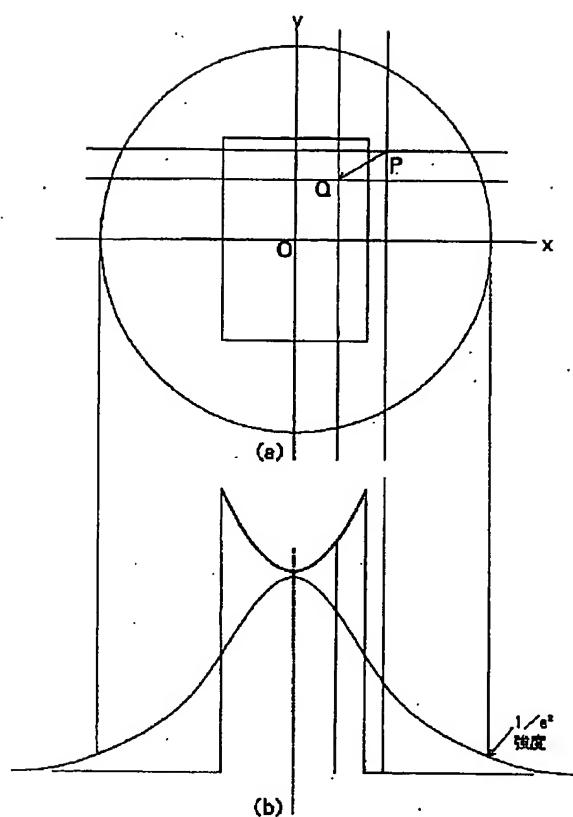
【図3】



【図4】



【図5】



【図6】

